

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 196 18 882 A 1

21 Aktenzeichen: 196 18 882.2
22 Anmeldetag: 10. 5. 96
43 Offenlegungstag: 13. 11. 97

10/568,011
51 Int. Cl. 8:
G 05 F 1/67
H 02 N 6/00
H 02 M 3/00
H 02 J 7/35
B 60 R 16/02
// B60L 8/00

DE 196 18 882 A 1

71 Anmelder:
Webasto Karoseriesysteme GmbH, 82131
Stockdorf, DE

74 Vertreter:
Wiese, G., Dipl.-Ing. (FH), Pat.-Anw., 82131
Stockdorf

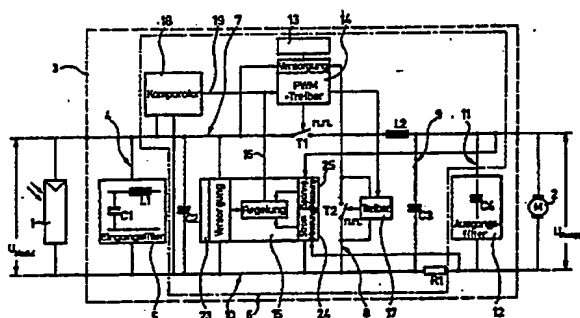
72 Erfinder:
Ganz, Thomas, 82131 Stockdorf, DE; Watzlawick,
Robert, 81477 München, DE

56 Entgegenhaltungen:
DE 43 36 223 C1
DE 41 05 389 C1
DE 41 05 396 A1
US 54 79 089
DE-Z.: Sonnenenergie 1/1988, S. 9-11;
FR-Z.: TLE, Mai 1986 No. 514, S. 92;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Schaltungsanordnung zur Stromversorgung eines Verbrauchers durch einen Solargenerator

57 Schaltungsanordnung zur Stromversorgung mindestens eines elektrischen Verbrauchers (2) mittels eines Solargenerators (1), insbesondere eines Gebläses und/oder eines Akkumulators in einem Fahrzeug, mit einem der Impedanzanpassung zwischen dem Solargenerator und dem mindestens einen Verbraucher dienenden Gleichspannungswandler (6). Es ist ein Regelglied (18) vorgesehen, welches in Abhängigkeit von dem Wert mindestens eines Betriebsparameters eine funktionale Überbrückung des Gleichspannungswandlers (6) in einem Betriebsbereich bewirkt, in welchem durch den Gleichspannungswandler bewirkte Leistungsverluste zu erwarten sind, die größer als die Verluste durch Fehlanpassung bei direkter Ankopplung des Verbrauchers (2) an den Solargenerator (1) sind.



DE 196 18 882 A 1

Rest Available Copy

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Stromversorgung mindestens eines elektrischen Verbrauchers mittels eines Solargenerators, insbesondere eines Gebläses und/oder eines Akkumulators in einem Fahrzeug, mit einem der Impedanzanpassung zwischen dem Solargenerator und dem mindestens einen Verbraucher dienenden Gleichspannungswandler.

Eine solche gattungsgemäße Schaltungsanordnung ist beispielsweise aus DE 43 336 223 C1 bekannt, wobei ein Gleichspannungs-Tiefsetz-Wandler direkt mit einem in den Deckel eines Fahrzeugsonnendaches integrierten Solarmodul verbunden ist, um eine Kennlinienanpassung zwischen Solarmodul und Verbraucher zu bewirken, so daß die am Solarmodul zur Verfügung stehende Leistung besser ausgenutzt werden kann. Der Tiefsetz-Wandler ist dabei als pulsweitenmodulierter Wandler mit einem Schalttransistor ausgebildet. Als Verbraucher sind umschaltbar der Motor eines Lüftergebläses bzw. ein Akkumulator vorgesehen.

Bei direkter Verschaltung zwischen Solarmodul und Verbraucher existiert nur für eine Einstrahlungsleistung, d. h. Modulstrom, und bei einer definierten Zellenanzahl und Zellentemperatur, d. h. Modulspannung, ein idealer gemeinsamer Betriebspunkt, wenn die Kennlinien von Solarmodul und Verbraucher entsprechend aneinander angepaßt sind. Nur in diesem idealen Betriebspunkt kann der Verbraucher dem Solarmodul die maximal zur Verfügung stehende Leistung entnehmen. Da die Kennlinie des Solarmoduls stark von der Zellentemperatur und der Einstrahlung abhängt, ergibt sich bei allen anderen Betriebsbedingungen eine zum Teil beträchtliche Fehlanpassung, da die Verbraucherkennlinie nur für einen bestimmten Betriebszustand angepaßt ist. Diese Fehlanpassung kann so gravierend sein, daß der Verbraucher gar nicht anlaufen kann, obwohl das Solarmodul bei den entsprechenden Betriebsbedingungen durchaus eine ausreichende Maximalleistung aufweist. In der Praxis wird der Fehlanpassung daher durch Zwischenschaltung eines Impedanzwandlers, d. h. eines Gleichspannungswandlers (DC/DC-Wandler), zwischen Solarmodul und Verbraucher begegnet. Der Gleichspannungswandler kann dabei als sogenannter "Maximum-Power-Point Tracker" ausgebildet sein, der selbsttätig immer auf den Punkt der maximalen Leistung des Solarmoduls regelt (siehe z. B. Adelman, DE-Z. Sonnenenergie 1/88, S. 9—11).

Ein geeigneter DC/DC-Wandler weist in gegenwärtiger Standardtechnologie und unter Berücksichtigung von EMV-Anforderungen und Kostenaspekten einen Umsetzungswirkungsgrad von 85 bis 90% auf. Bei direkter Verschaltung beträgt der Umsetzungswirkungsgrad zwar 100%, da keine Umsetzung stattfindet; der letztlich entscheidende Systemwirkungsgrad liegt aufgrund der oben geschilderten Fehlanpassung jedoch im allgemeinen bei direkter Verschaltung noch deutlich niedriger als bei Verwendung eines Gleichspannungswandlers.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Schaltungsanordnung zwischen Solarmodul und Verbraucher zu schaffen, welche unter den verschiedensten Betriebsbedingungen einen möglichst hohen Systemwirkungsgrad gewährleistet.

Diese Aufgabe wird ausgehend von einer Schaltungsanordnung mit den eingangs erwähnten Merkmalen dadurch gelöst, daß ein Regelglied vorgesehen ist, welches

in Abhängigkeit von dem Wert mindestens eines Betriebsparameters eine funktionale Überbrückung des Gleichspannungswandlers in einem Betriebsbereich bewirkt, in welchem durch den Gleichspannungswandler bewirkte Leistungsverluste zu erwarten sind, die größer als die Verluste durch Fehlanpassung bei direkter Ankopplung des Verbrauchers an den Solargenerator sind.

Die erfindungsgemäße Lösung gewährleistet sowohl bei niedrigen als auch bei hohen Solargeneratorleistungen eine optimale Leistungsausnutzung des Solargenerators, indem der Gleichspannungswandler überbrückt wird und damit die von ihm verursachten Umsetzungsverluste umgangen werden, wenn sich der Solargenerator in einem Betriebsbereich befindet, in welchem eine Anpassung durch den Wandler gar nicht nötig ist.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Gleichspannungswandler als pulsweitenmodulierter Abwärts-Wandler ausgebildet ist, der zweckmäßig einen in einem Längsweig zwischen Eingang und Ausgang des Wandlers liegenden Schalttransistor und eine in einem Quersweig liegende Freilaufstufe, z. B. einen Freilauf-Schalttransistor oder eine Freilaufdiode, aufweist, wobei das Regelglied die Überbrückung des Gleichspannungswandlers vorzugsweise dadurch bewirkt, daß die Pulsbreite des den Schalttransistor steuernden Signals auf 100% gesetzt wird und die Freilaufstufe gesperrt wird. Dies erlaubt eine einfache, kostengünstige und zuverlässige Implementierung der Überbrückungsfunktion.

Ferner besteht eine weitere vorteilhafte Ausführung der Erfindung darin, daß das Regelglied für eine hysteresartige Regelung ausgebildet ist, wobei der Gleichspannungswandler funktional überbrückt wird, sobald die Spannung des Solargenerators einen ersten, höheren Sollwert überschreitet, und die Überbrückung des Gleichspannungswandlers erst dann wieder aufgehoben wird, wenn die Spannung des Solargenerators einen zweiten, niedrigeren Wert unterschreitet. Dadurch werden unerwünschte Pendelungen vermieden.

Eine alternative vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß das Regelglied so ausgebildet ist, daß der Gleichspannungswandler alternierend überbrückt und wieder wirksam gemacht wird, dabei jeweils die Spannung am Verbraucher ermittelt wird, und die Betriebsart gewählt wird, bei welcher die höhere Spannung am Verbraucher auftritt.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Eine Ausführungsform der Erfindung ist im folgenden beispielhaft anhand der beigefügten Zeichnungen im Detail erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zur Stromversorgung eines Verbrauchers mittels eines Solargenerators;

Fig. 2 ein Schaltbild einer erfindungsgemäßen Reglerschaltungsanordnung;

Fig. 3 die Abhängigkeit der abgegebenen Leistung von der Solargeneratorspannung bei wirksam gemachtem Gleichspannungswandler;

Fig. 4 Leistungs-Spannungs-Kennlinien eines Solargenerators für verschiedene Einstrahlungsleistungen bzw. Modultemperaturen, sowie eines Verbrauchers mit (Kurve I) ohne (Kurve II) zwischengeschaltetem Gleichspannungswandler und

Fig. 5 ein Blockschaltbild mit einer Variante zur Fig. 1.

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild der Verschaltung ei-

nes Solargenerators 1 und eines Verbrauchers, vorliegend in Form eines Motors 2, vorzugsweise eines Lüftermotors, welche eingangsseitig bzw. ausgangsseitig an eine allgemein mit 3 bezeichnete Einheit angeschlossen sind. Der Solargenerator 1 kann beispielsweise in einen Deckel eines Sonnendaches eines Kraftfahrzeugs integriert sein. Solche Solargeneratoren sind in unterschiedlichen Ausführungsformen bekannt (z. B. DE 41 05 389 C1 und DE 41 05 396 A) und bedürfen daher keiner näheren Erläuterung. Anstelle oder zusätzlich (z. B. umschaltbar damit) zu einem Verbrauchermotor kann auch ein Akkumulator (beispielsweise eine Fahrzeugbatterie oder ein zusätzlicher Energiespeicher) als Verbraucher vorgesehen sein. Eingangsseitig weist die Einheit 3 in einem Querzweig 4 ein Eingangsfilter 5 mit einer parallel zum Solargenerator 1 geschalteten Kapazität C1 und einer Längsinduktivität L1 auf parallel zum Eingangsfilter 5 ist ein Speicherkondensator C2 eines allgemein mit 6 bezeichneten Gleichspannungswandlers geschaltet. Der Gleichspannungswandler 6 weist ferner einen in einem Längszweig 7 zwischen dem Solargenerator 1 und dem Motor 2 liegenden, als Hauptschalter wirkenden Halbleiterschalter T1, eine diesem in Reihe nachgeschaltete Speicherdrossel L2, einen Halbleiterschalter T2 und einen Glättungskondensator C3 auf. Der Halbleiterschalter T2 liegt in einem Querzweig 8 zwischen Halbleiterschalter T1 und Speicherdrossel L2; er übernimmt die Funktion einer sonst üblichen Freilaufdiode, minimiert aber Durchlaßverluste. Der Glättungskondensator C3 liegt in einem Querzweig 9 parallel zu dem Motor 2. In einen Längszweig 10 ist ein Shunt R1 geschaltet, der den im Ausgangskreis fließenden Strom begrenzt und für Kurzschlußfestigkeit der Anordnung sorgt. Ausgangsseitig weist die Einheit 3 ein Ausgangsfilter 12 mit einer Kapazität C4 in einem Querzweig 11 auf. Die Filter 5 und 12 dienen dazu, eine Antennenwirkung der Leitungen zu verhindern.

Der Ausgang eines Frequenzgenerators 13, der eine feste Frequenz von beispielsweise 25 kHz erzeugt, ist an einen Pulsbreitenmodulator 14 angeschlossen. Der Halbleiterschalter T1 wird von dem Pulsbreitenmodulator 14 mit einem Stellsignal beaufschlagt. Ein Regelblock 15 steuert den Pulsbreitenmodulator 14 an. Der Regelblock 15 erfaßt die an dem Shunt-Widerstand R1 abfallende Spannung, d. h. den durch den Shunt-Widerstand R1 fließenden Strom, die Ausgangsspannung der Einheit 3, d. h. die am Verbraucher (Motor 2) anliegende Spannung, sowie die Eingangsspannung der Einheit 3, d. h. die von dem Solargenerator 1 abgegebene Spannung. Der Regelblock 15 ist als Maximum-Power-Point Tracker (MPP) ausgebildet, und er steuert den Pulsbreitenmodulator 14 über eine Leitung 16 an. Der Freilauftransistor T2 wird von dem Pulsbreitenmodulator 14 über einem Treiber 17 angesteuert.

Bei den Transistoren T1 bzw. T2 handelt es sich vorzugsweise um MOS-FET-Transistoren.

Fig. 2 zeigt ein Schaltbild einer Reglerschaltungsanordnung 20, die das wesentliche Element des Regelblocks 8 bildet. An einem Punkt 21 liegt ein Spannungsmesssignal (im folgenden auch kurz als "Ausgangsspannung" bezeichnet) an, das ein Maß für die Ausgangsspannung der Einheit 3 und damit für die am Verbraucher (Motor 2) anliegende Spannung bildet. Zwischen dem invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers OP, der über eine Parallelschaltung aus einer Diode D1 und einem Widerstand R1 mit dem Ausgang des Operationsverstärkers OP gekoppelt ist, liegt ein Steuerkondensator C6. Der nichtinvertierende Eingang des

Operationsverstärkers OP ist über einen Widerstand R2 mit dem Verstärkerausgang gekoppelt; er ist ferner über einen Widerstand R3 mit einer Versorgungsspannung +V und über eine in Sperrrichtung gepolte Zenerdiode D2 mit Masse verbunden. Der Ausgang des Operationsverstärkers OP ist über eine Reihenschaltung eines Inverters IV, eines Widerstands R4 und einer für positive Ausgangsspannungen des Operationsverstärkers sperrende Diode D3 mit der positiven Seite eines Elektrolytkondensators C7 verbunden, der als Ausgangs-Speicherkondensator wirkt und parallel mit einem Widerstand R67 auf Masse liegt. Die Spannung am Pluspol des Kondensators C7 repräsentiert die Sollspannung für die Regelung der Solargeneratorspannung. Sie wird als Steuersignal über die Leitung 16 an den Pulsbreitenmodulator 14 gegeben. Diese Spannung sei im folgenden kurz als "Sollspannung" bezeichnet.

Ferner ist als Regelglied ein Vergleichswertkomparator 18 vorgesehen, welcher die Eingangsspannung der Einheit 3 und damit die Spannung U_{Modul} des Solargenerators 1 erfaßt. Der Vergleichswertkomparator 18 gibt über eine Leitung 19 ein Steuersignal an den Pulsbreitenmodulator 14.

Funktionsweise

Wenn der Vergleichswertkomparator 18 feststellt, daß die Solargeneratorspannung U_{Modul} oberhalb eines vorbestimmten ersten Schwellwertes liegt, der gemäß dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel 6 V beträgt, gibt er kein Signal an den Pulsbreitenmodulator 14 ab. Die Einheit 3 ist wirksam gemacht. Der Gleichspannungswandler 6 sucht die von dem Solargenerator 1 zur Verfügung gestellte Leistung P_{Modul} (Fig. 3) durch Impedanzanpassung optimal auszunutzen. Dies wird durch eine Regelung der Solargeneratorspannung U_{Modul} bewirkt. Der Gleichspannungswandler 6 regelt also nicht wie herkömmliche Wandler in Netzteilen seine Ausgangsspannung sondern seine Eingangsspannung. Beispielsweise wird bei einer praktischen Ausführungsform die optimale Ausnutzung der von dem Generator 1 abgegebenen Leistung bei einer Temperatur von 65 °C und hoher Einstrahlung erreicht, wenn die Wandleringangsspannung 7,2 V beträgt. In diesem Ausführungsbeispiel ginge bei höheren Temperaturen oder niedrigerer Einstrahlung die Ausnutzung der Energie des Solargenerators 1 stark zurück, falls die Wandleringangsspannung bei 7,2 V verharren würde. Dem wird dadurch begegnet, daß durch das Zusammenwirken von Gleichspannungswandler 6 und Pulsbreitenmodulator 14 eine Maximierung der Ausgangsleistung unter ständiger Korrektur erfolgt.

Die vorliegend vorgesehene MPP-Regelung versucht, die Ausgangsleistung P_{Modul} (Fig. 3) auf ein Maximum zu bringen. Da die Ausgangsleistung P_{Modul} bei ohmschen oder näherungsweise ohmschen Verbrauchern proportional der Ausgangsspannung U_{Ausgang} ist, genügt es, die Ausgangsspannung U_{Ausgang} zu maximieren, wie dies in Fig. 3 prinzipiell dargestellt ist. Dabei sorgt die MPP-Regelung für ein ständiges Wechselspiel von Absenken und Anheben der Solargeneratorspannung U_{Modul} . Während die Solargeneratorspannung U_{Modul} ansteigt, wird die Ausgangsspannung U_{Ausgang} beobachtet, und der Anstieg wird so lange fortgesetzt, bis die Ausgangsspannung U_{Ausgang} fällt. Dieser Vorgang geschieht beispielsweise 2–3mal pro Sekunde, so daß nach etwa 1–2 Sekunden der Punkt maximaler Leistung erreicht und dann ständig umspielt wird. Die

Schaltung paßt sich in diesem Fall an Veränderungen, wie Abschattung, Lichteinfall und dergleichen, nach ein bis zwei Sekunden an.

Zu diesem Zweck ist die Reglerschaltungsanordnung 20 so ausgelegt, daß die am Kondensator C7 anliegende Sollspannung, solange erhöht wird, wie die am Punkt 21, d. h. am Steuerkondensator C6, anliegende Ausgangsspannung U_{Ausgang} des Gleichspannungswandlers 6 ansteigt. Sobald diese Ausgangsspannung nicht mehr weiter ansteigt oder fällt, wird die Sollspannung wieder abgesenkt.

Zur Erläuterung der Funktionsweise der Reglerschaltungsanordnung 20 sei angenommen, das sich das System zunächst in einem Zustand befindet, in welchem der Ausgang des Operationsverstärkers OP auf einem ersten, relativ hohen Spannungspegel (HIGH) liegt. Der Spannungspegel HIGH wird über den Inverter IV invertiert, so daß die Diode D3 sperrt. Der Kondensator C7 wird somit über den Entladewiderstand R5 entladen, so daß die Sollspannung auf der Leitung 16 und damit unter dem Einfluß des Pulsbreitenmodulators 14 auch die Solargeneratorspannung U_{Modul} absinkt. Der Steuerkondensator C6 wird über den Ladewiderstand R1 aufgeladen. Die Diode D1 sperrt. Beim Erreichen einer bestimmten Vergleichsspannung (beispielsweise 3,9 V) am Steuerkondensator C6 bewirkt diese Spannung am invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP, daß der Ausgang des Operationsverstärkers OP auf einen zweiten, relativ niedrigen Spannungspegel (LOW) kippt.

Über den Ausgang des Inverters IV wird die Diode D3 entsperrt, und der Ausgangs-Speicherkondensator C7 wird über den Ladewiderstand R4 und die Diode D3 rasch (z. B. innerhalb von 100 ms) aufgeladen. Dadurch steigt die Sollspannung auf der Leitung 16 wieder an. Durch das Zusammenspiel von Gleichspannungswandler 6 und Pulsbreitenmodulator 14 wird die Solargeneratorspannung U_{Modul} wieder angehoben. Am nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP stellt sich eine Spannung von beispielsweise 200 mV ein. Der Steuerkondensator C6 wird über die nunmehr leitende Diode D1 sehr schnell entladen, so daß am invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP eine Spannung von beispielsweise 0,2 bis 0,5 V anliegt. Steigt die an den Punkt 21 und damit an den Steuerkondensator C6 angelegte Ausgangsspannung U_{Ausgang} jetzt an, so reicht der Ladestrom des Steuerkondensators C6 aus, um über die Parallelschaltung des Widerstands R1 und der Diode D1 eine höhere Spannung als 200 mV abfallen zu lassen. Dadurch liegt am invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP eine höhere Spannung als am nichtinvertierenden Eingang an, so daß der Ausgang des Operationsverstärkers OP auf dem niedrigen Spannungspegel LOW verharrt und die Sollspannung am Steuerkondensator C16 durch dessen weitere Aufladung weiter ansteigt. Erst wenn die Ausgangsspannung U_{Ausgang} am Punkt 21 nicht mehr ansteigt oder gar fällt, kippt der Ausgang des Operationsverstärkers OP wieder auf den Spannungspegel HIGH, wodurch, wie oben bereits beschrieben, die Diode D3 wieder sperrt und der Ausgangs-Speicherkondensator C7 wieder entladen wird, so daß die Sollspannung und damit die Solargeneratorspannung wieder absinkt.

Die Diode D1 sorgt dafür, daß der Ausgang des Operationsverstärkers OP sehr schnell, vorzugsweise innerhalb von 10 bis 20 ms, von dem niedrigen Spannungspegel LOW wieder auf den hohen Spannungspegel HIGH zurückkippt, wenn die Ausgangsspannung am Punkt 21

nicht mehr ansteigt oder fällt. Schon eine geringe Anstiegsgeschwindigkeit der Ausgangsspannung reicht aus, um zu verhindern, daß der Ausgang des Operationsverstärkers OP auf den hohen Spannungspegel zurückkippt.

Bei der erläuterten Reglerschaltungsanordnung 20 ist der Operationsverstärker OP als Integrator geschaltet. Die Reglerschaltungsanordnung 20 stellt einen PI-Regler mit einer Verstärkung von 1 dar.

Die Kennlinien des Solargenerators und des Verbrauchers im Bereich maximaler Einstrahlung und Temperatur (z. B. 1000 W/m² und +65 °C) sind aufeinander abgestimmt.

Stellt der Vergleichswertkomparator 18 fest, daß die Solargeneratorspannung U_{Modul} den ersten Schwell- oder Vergleichswert (z. B. 6 V) unterschreitet, verändert er durch ein Signal an den Pulsbreitenmodulator 14 die Pulsbreite des Stellsignals an den Schalttransistor T1 auf 100%, während der Freilauftransistor T2 durch ein Signal des Pulsbreitenmodulators 14 nichtleitend gehalten wird. In der Fig. 5 dargestellten Variante wird optional zum Verändern der Pulsweite auf 100% eine Schaltung wirksam, bei dem der Komparator 18 mittels eines Schaltrelais 22 den Schalttransistor T1 überbrückt. Dadurch werden die ohmschen Verluste auf ein Minimum reduziert. Als Schaltrelais 22 wird vorzugsweise ein bistabiles Relais verwendet. Der Gleichspannungswandler 6 ist in diesem Betriebszustand funktional so überbrückt, so daß Solargenerator 1 und Verbraucher (Motor 2) nunmehr direkt miteinander verschaltet sind. Dieser Betriebszustand des Wandlers wird beibehalten, bis die Eingangsspannung einen zweiten, niedrigeren Schwell- oder Vergleichswert von beispielsweise 4,8 V unterschreitet. Die Regelung durch das Regelglied 18 weist also eine Hysterese auf. Die beiden Vergleichswerte werden in Abhängigkeit von der Systemkonfiguration so gewählt, daß der Wandler immer dann überbrückt wird, wenn die Fehlanpassung durch die direkte Ankoppelung geringere Verluste verursacht als der Betrieb des Gleichspannungswandlers.

Das beschriebene Beispiel sei anhand der Kennlinien von Fig. 4 weiter erläutert. In Fig. 4 ist die Leistung des Solargenerators 1 in Abhängigkeit von der Generatorspannung U_{Modul} für verschiedene Einstrahlungsleistungen und Generatortemperaturen dargestellt. Es ist zu erkennen, daß sich das Leistungsmaximum mit zunehmender Einstrahlungsleistung bzw. Temperatur zu niedrigeren Spannungen verschiebt, während die Maximalleistung ansteigt. Die mit II bezeichnete Kurve stellt die Leistungs-Spannungs-Kennlinie eines als Verbraucher 2 verwendeten Lüfters dar, wie sie sich ergibt, wenn der Lüfter direkt, also ohne Gleichspannungswandler 6, an den Solargenerator 1 angeschlossen ist. Diese Kennlinie entspricht einem im wesentlichen ohmschen Verhalten, und sie ist mit der Kennlinie des Solargenerators 1 bei maximaler Einstrahlung und Temperatur (1000 W/m² und +65 °C) abgestimmt, so daß bei diesen Bedingungen ein optimaler, d. h. anpassungsverlustfreier Betrieb des Systems im idealen Arbeitspunkt A stattfindet. Es wird dabei die volle zur Verfügung stehende Generatorleistung ausgenutzt.

Bei anderen Betriebsbedingungen ist jedoch ohne den Gleichspannungswandler 6 mit einer entsprechend großen Fehlanpassung zu rechnen (z. B. ca. 50% bei 500 W/m² im Punkt D), die sogar bis zum Nichtanlaufen des Lüftermotors führen kann (z. B. bei 200 W/m², Punkt B) obwohl im Punkt maximaler Leistung (MPP) bei diesen Betriebsbedingungen (Punkt C) durchaus genügend Lei-

stung vorhanden wäre.

Beim Zwischenschalten des beschriebenen Gleichspannungswandlers 6 mit MPP-Regelung ergibt sich die in Fig. 4 mit I bezeichnete Verbraucherkennlinie, da der Gleichspannungswandler 6 die Solargeneratorspannung U_{Modul} immer auf den Punkt maximaler Leistung regelt, so daß im Prinzip bei allen Betriebsbedingungen die volle momentan zur Verfügung stehende Maximalleistung des Generators ausgenutzt werden kann. Die Kurve I läuft deshalb durch die Kennlinienmaxima des Generators 1.

In der Praxis erreicht man jedoch bei Einsatz von geeigneten Gleichspannungswandlern in Standard-Technologie unter Berücksichtigung von EMV-Anforderungen und Kostenaspekten nur Umsetzungswirkungsgrade des Wandlers von 85 bis 90%. Folglich existiert beim geschilderten Beispiel — aufgrund der Kennlinienabstimmung bei hohen Leistungen — im oberen Leistungsbereich des Systems ein Bereich, in welchem der Systemwirkungsgrad bei direkter Ankopplung des Generators 1 an den Verbraucher 2 größer ist als bei Zwischenschaltung des Gleichspannungswandlers 6. Im geschilderten Beispiel ist dies der Spannungsbereich unterhalb 6 V.

Bei mittlerer und niedriger Einstrahlung befindet sich das System im Betriebszustand mit nicht überbrücktem, d. h. aktivem, Gleichspannungswandler. Die Spannung am Solargenerator 1 wird am Leistungsmaximum oberhalb von 6 V gehalten, und das System läuft entlang des in Fig. 4 mit I bezeichneten sehr steilen Kennlinienabschnitts. Steigt die Einstrahlung beispielsweise auf 800 W/m² an, so fällt die Generatorspannung auf 6 V ab (Punkt E). Sobald dieser Spannungswert erfaßt wird, bewirkt das Regelglied 18 in der oben beschriebenen Weise eine Überbrückung des Gleichspannungswandlers 6. Die genutzte Generatorleistung fällt um einige Prozent ab. Da jedoch nun die Umsetzungsverluste des Gleichspannungswandlers 6 wegfallen, ist die insgesamt dem Verbraucher zur Verfügung stehende Leistung größer als vorher, d. h. der Systemwirkungsgrad steigt an. Das System läuft jetzt entlang dem Kennlinienabschnitt II.

Sinkt die Einstrahlung wieder unter 800 W/m², fällt die Generatorspannung unter den Schwellwert von 4,8 V. Sobald dies vom Regelglied 18 erfaßt wird, hebt das Regelglied die Überbrückung des Gleichspannungswandlers 6 auf; das System kehrt auf den Kennlinienabschnitt I zurück.

Im geschilderten Beispiel liegt der absolute Mehrertrag bei maximaler Generatorleistung von 30 W bei etwa 3 bis 4 W. Der prozentuale Mehrertrag beträgt je nach Wandlerwirkungsgrad bis zu 15% bei maximaler Leistung.

Der Regelblock 15 kann fakultativ auch mit einer Temperatur-Nachführung 23 versehen sein, die beispielsweise einen NTC-Widerstand und eine Referenzspannungsquelle aufweisen kann. Mittels der Nachführung 23 wird die Temperatur des Solargenerators 1 bestimmt. Aus dieser Temperatur ergibt sich die Eingangsspannung, auf welche der Gleichspannungswandler 6 über entsprechende Signale des Regelblocks 8 an den Pulsbreitenmodulator 14 regelt. Die Ausgangsleistung braucht dabei nicht erfaßt zu werden. Allgemein ergibt sich eine größere Fehlanpassung als bei einer MPP-Regelung.

Falls bei der Regelung im Regelblock 8 anstelle einer MPP-Regelung eine Temperaturnachführung verwendet wird, ergeben sich im wesentlichen ähnliche Kennli-

nienverläufe wie in Fig. 2.

Ferner kann das Regelglied 18 den Betriebszustand des Systems auch anhand anderer Betriebsparameter als der Eingangsspannung regeln. Es können beispielsweise auch der Eingangsstrom, der Ausgangsstrom oder die Ausgangsspannung einzeln oder in Kombination verwendet werden.

Anstelle der oben beschriebenen Überbrückungsregelung in Abhängigkeit von festen Vergleichswerten kann ferner ein von der Regelung her offenes System eingesetzt werden, das ohne Vergleichswerte arbeitet und z. B. zeitlich gesteuert zu bestimmten Zeitpunkten zwischen den beiden Betriebsarten alterniert und dabei jeweils die Spannung am Ausgang, d. h. am Verbraucher 2, ermittelt. Es wird dann die Betriebsart (Überbrückung bzw. Nichtüberbrückung) gewählt und bis zum nächsten alternierenden Umschalten beibehalten, bei welcher die Ausgangsspannung (und damit bei mindestens näherungsweise ohmschem Verbraucher auch die Ausgangsleistung) höher ist.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Stromversorgung mindestens eines elektrischen Verbrauchers (2) mittels eines Solargenerators (1), insbesondere eines Gebäudes und/oder eines Akkumulators in einem Fahrzeug, mit einem der Impedanzanpassung zwischen dem Solargenerator und dem mindestens einen Verbraucher dienenden Gleichspannungswandler (6), dadurch gekennzeichnet, daß ein Regelglied (18) vorgesehen ist, welches in Abhängigkeit von dem Wert mindestens eines Betriebsparameters eine funktionale Überbrückung des Gleichspannungswandlers (6) in einem Betriebsbereich bewirkt, in welchem durch den Gleichspannungswandler bewirkte Leistungsverluste zu erwarten sind, die größer als die Verluste durch Fehlanpassung bei direkter Ankopplung des Verbrauchers (2) an den Solargenerator (1) sind.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Gleichspannungswandler (6) als pulsbreitenmodulierter Abwärts-Wandler ausgebildet ist.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Gleichspannungswandler (6) einen in einem Längszweig (7) zwischen Eingang und Ausgang des Wandlers liegenden Schalttransistor (T1) und eine in einem Querszweig (8) liegende Freilaufstufe (T2) aufweist.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Regelglied (18) die Überbrückung des Gleichspannungswandlers (6) dadurch bewirkt, daß die Pulsbreite des den Schalttransistor (T1) steuernden Signals auf 100% gesetzt wird und die Freilaufstufe (T2) gesperrt wird.
5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Regelglied (18) die Überbrückung des Gleichspannungswandlers (6) durch ein vorzugsweise bistabiles Relais (22) bewirkt.
6. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Regelglied (18) so ausgebildet ist, daß es die Spannung des Solargenerators (1) ständig mit mindestens einem vorgegebenen Schwellwert vergleicht.
7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Regelglied (18) für eine hysteresartige Regelung ausgebildet ist, wobei der

Gleichspannungswandler funktional überbrückt wird, sobald die Spannung des Solargenerators einen ersten, höheren Schwellwert unterschreitet, und die Überbrückung des Gleichspannungswandlers wieder aufgehoben wird, wenn die Spannung des Solargenerators einen zweiten, niedrigeren Schwellwert überschreitet. 5

8. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Regelglied (18) so ausgebildet ist, daß der Gleichspannungswandler (6) alternierend überbrückt und wieder wirksam gemacht wird, dabei jeweils die Spannung am Verbraucher (2) ermittelt wird, und die Betriebsart gewählt wird, bei welcher die höhere Spannung am Verbraucher auftritt. 10 15

9. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kennlinien von Solarmodul (1) und Verbraucher (2) im Bereich maximaler Einstrahlung und Temperatur ideal aufeinander abgestimmt sind. 20

10. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Gleichspannungswandler (6) mit einer Temperaturführung versehen ist.

11. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Gleichspannungswandler (6) als Maximum-Power-Point-Tracker ausgebildet ist. 25

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

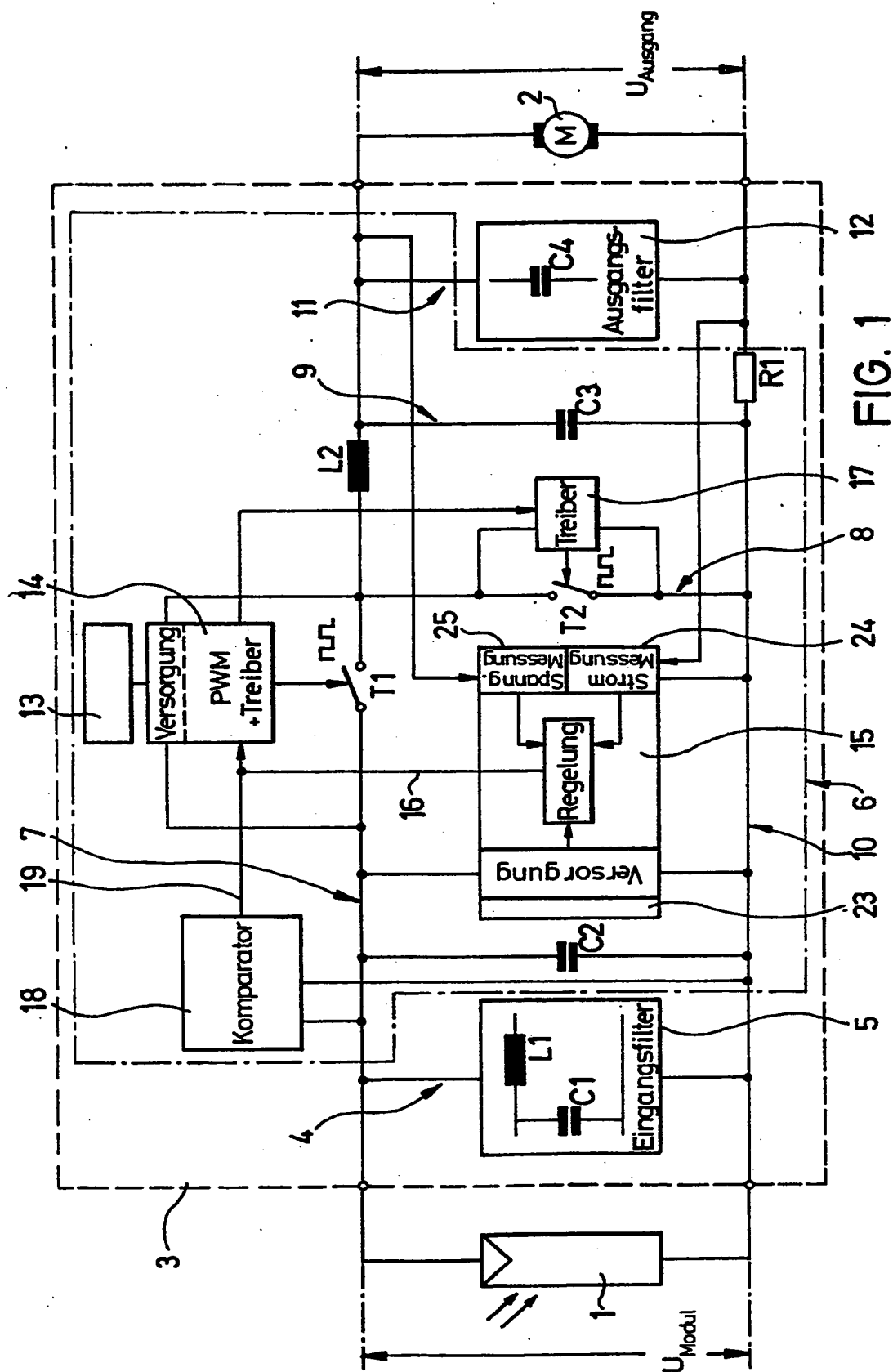
45

50

55

60

65



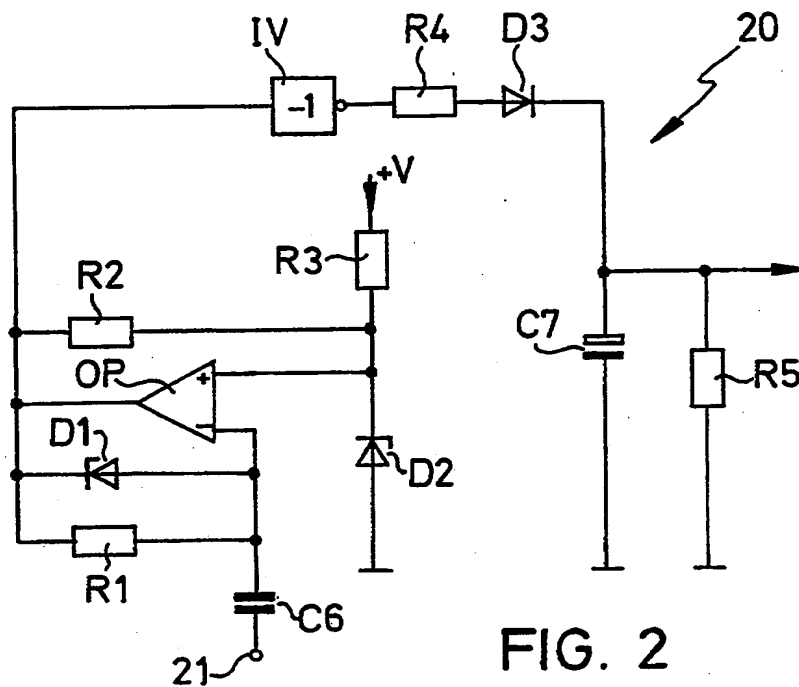


FIG. 2

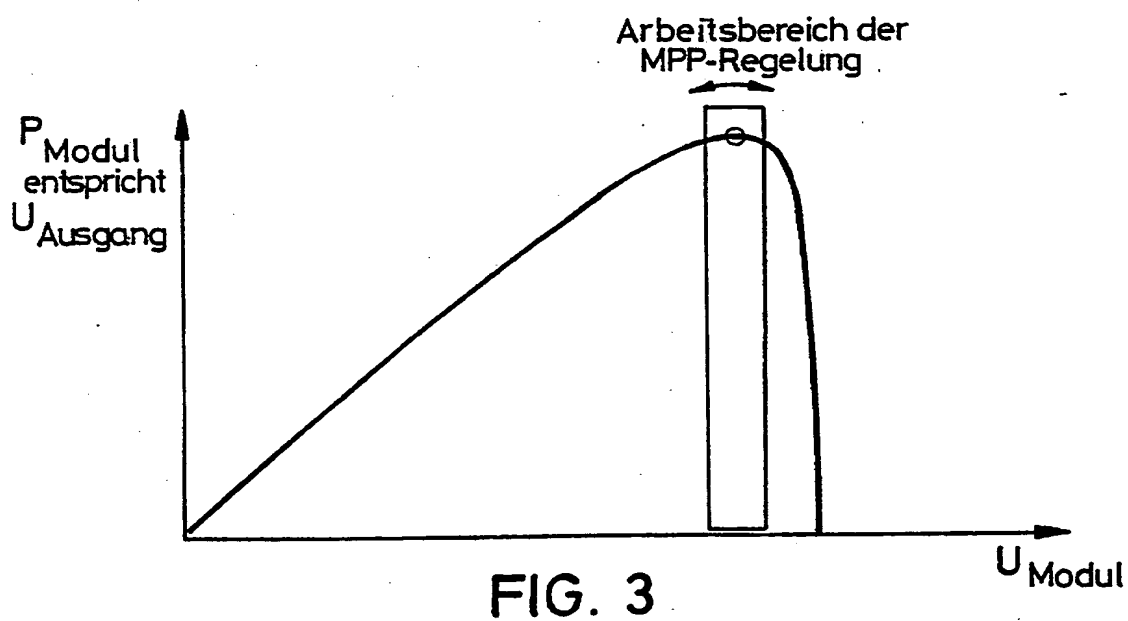


FIG. 3

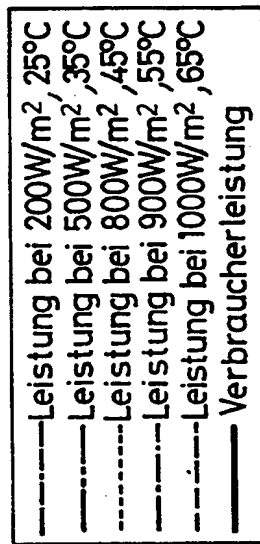
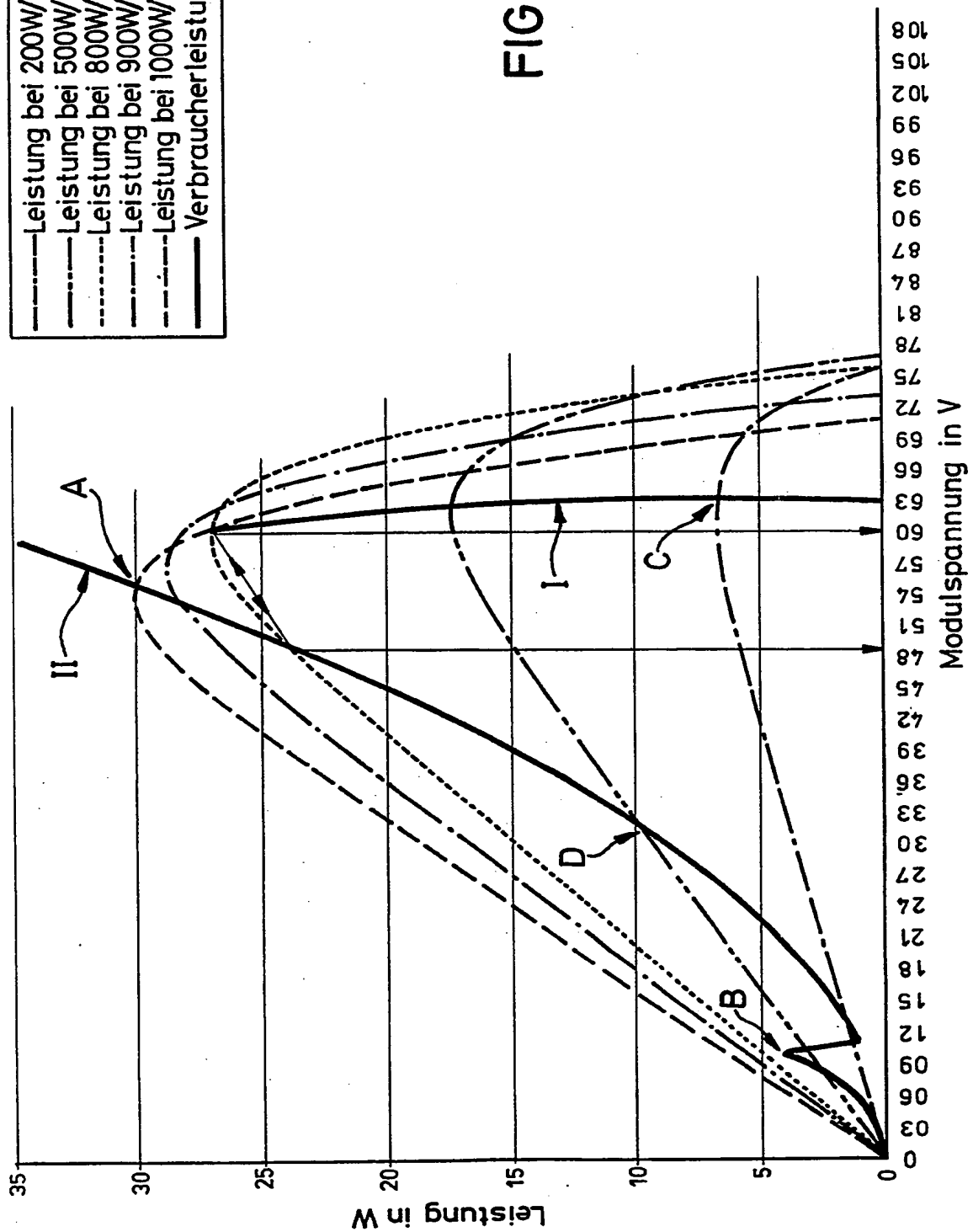


FIG. 4



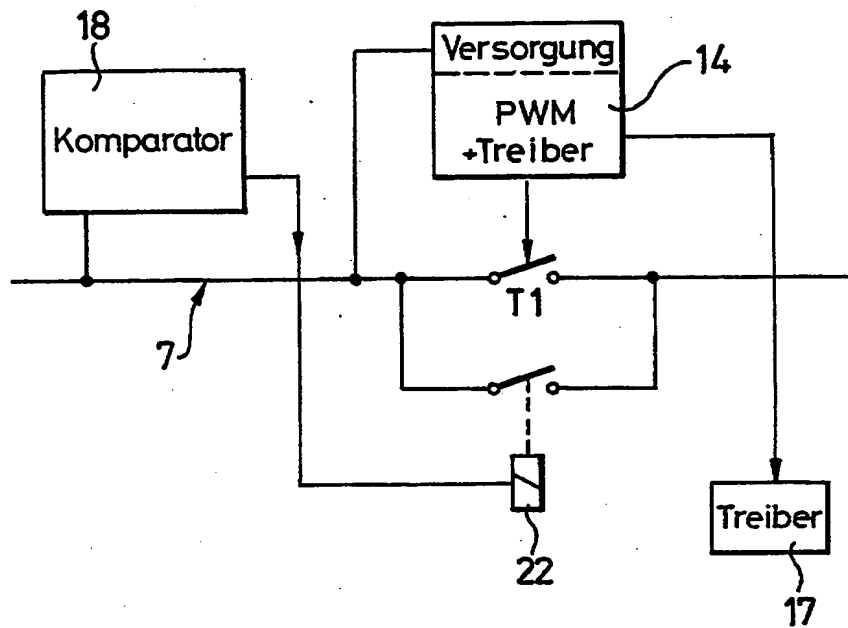


FIG. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.